

# 低次元化畳み込みニューラルネットワークを用いた 超広帯域レーダによる人体運動の自動識別

Automatic recognition of human actions using ultra-wideband radar  
and simplified convolutional neural network

日下部 響土<sup>1</sup>  
Kyoto Kusakabe

阪本 卓也<sup>2</sup>  
Takuya Sakamoto

兵庫県立大学 工学部<sup>1</sup>  
School of Engineering, University of Hyogo

兵庫県立大学 大学院工学研究科<sup>2</sup>  
Graduate School of Engineering, University of Hyogo

## 1 はじめに

人体を超広帯域レーダで測定すると運動種別に特有のドップラ偏移が測定される。近年、時間周波数解析により得られるスペクトログラムと畳み込みニューラルネットワーク (CNN) による運動の自動識別が盛んに研究されている [1]-[3]。こうした方法では画像処理分野で用いられる自然画像の代わりにスペクトログラム画像を CNN に入力するが、運動識別性能を決定するのは画像の中のマイクロドップラ成分のみであるため、CNN の入力層の次元は不必要に大きくなっているといえる。本稿ではスペクトログラムからマイクロドップラを事前に抽出することで CNN の入力層を低次元化し、計算負荷を低減した運動識別法を提案する。

## 2 マイクロドップラの抽出

超広帯域レーダにより 3 種類の運動 (歩行・走行・跳躍) を測定する (図 1)。レーダの中心周波数は 4.2 GHz、帯域幅は 2.2 GHz である。運動方向は 30° 毎の 12 方向とし、各運動を 10 回測定する。受信信号に短時間フーリエ変換を適用し、図 2 のスペクトログラム  $|S(t, v_d)|^2$  を得る。ここで  $t$  は時間、 $v_d$  はドップラ速度であり、最大値で正規化されている。マイクロドップラの情報を抽出するため閾値  $0 < \theta_0 < 1$  を定め、 $|S(t, v_d)|^2 = \theta_0$  となる正負の  $v_d$  を各時刻  $t$  の関数  $v_-(t)$  および  $v_+(t)$  として求める。ただし  $v_-(t) < v_0(t) < v_+(t)$  とし、 $v_0(t)$  は胴体の速度とする。ここでは  $\theta_0 = -25\text{dB}$  とする。図 2 の白破線は各  $t$  で最大強度となる速度  $v_0(t)$  および  $v_+(t)$  である。

## 3 畳み込みニューラルネットワークによる運動識別

マイクロドップラ  $v_-(t)$  および  $v_+(t)$  を  $2 \times 529$  ピクセルの 8-bit 画像として CNN に入力する。元のスペクトログラム画像は  $32 \times 529$  ピクセルであるため入力層は  $1/16$  へ低次元化されている。CNN の畳み込み層は 10 種類の  $1 \times 20$  のフィルタ、活性化関数として ReLU 関数、プーリングサイズとストライド長はいずれも 5 とし、出力層へは全結合ネットワークを確率的慣性最急降下法により最適化した。性能評価には  $K = 12$  の  $K$ -分割交差検証を用い、360 データのうち 330 データを学習に、30 データを精度評価に用いた。提案法による歩行・走行・跳躍の運動識別精度は 98%、精度の標準偏差は 2% となり、提案法の有効性が確認された。

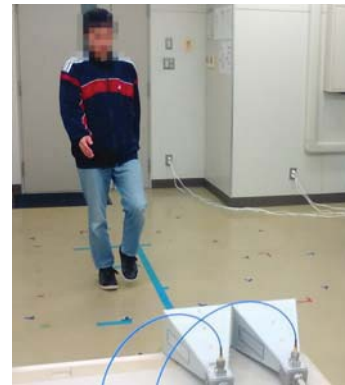


図 1 測定環境

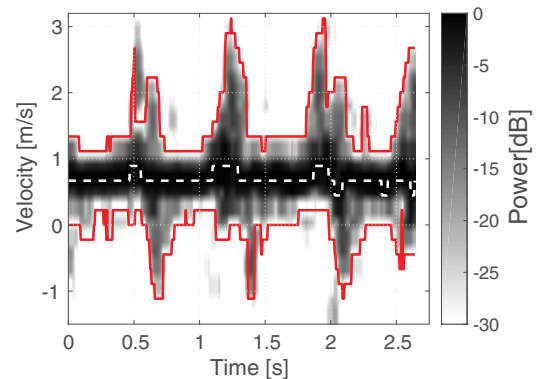


図 2 スペクトログラムと抽出されたマイクロドップラ

## 謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金・基盤研究 (A)25239057・若手研究 (B)15K18077・国際共同研究加速基金 (国際共同研究強化)15KK0243、京都大学 COI プログラムの助成により実施された。

## 参考文献

- [1] Kim, et al., *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, vol. 13, no. 1, pp. 8–12, 2016.
- [2] Seyfioğlu, et al., *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, vol. 14, no. 12, pp. 2462–2466, 2017.
- [3] Lang, et al., *Proc. European Microwave Conference*, 2017.